

تأثیر منابع و سطوح عنصر روی بر سیستم ایمنی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در مرغ تخمگذار

علی افشار بکش لو^۱، بهنام احمدی پور جونقانی^{۱*}، فریبرز خواجه‌علی^۱، نصراله پیرانی^۱

۱. گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد- ایران.

پذیرش: ۲۳ آبان‌ماه ۱۴۰۲

دریافت: ۴ مهرماه ۱۴۰۲

چکیده

این آزمایش جهت بررسی تأثیر منابع و سطوح عنصر روی بر عملکرد ایمنی و آنتی‌اکسیدانی در مرغ تخمگذار، از سن ۴۰ تا ۵۰ هفتگی انجام شد. تعداد ۲۴۰ قطعه مرغ تخم‌گذار های‌لین سویه (۳۶- W) در یک طرح کاملاً تصادفی، با ۸ تیمار در ۵ تکرار و ۶ پرنده در هر واحد آزمایشی به کار گرفته شد. گروه‌های آزمایشی هشت گانه شامل، ۱- شاهد (بدون مکمل روی)، تیمارهای ۲، ۳ و ۴ به ترتیب شامل جیره شاهد + ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی با خلوص ۳۴ درصد، و تیمارهای ۵، ۶ و ۷ به ترتیب شامل- جیره شاهد + ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم هیدروکسی کلرید روی با خلوص ۵۵ درصد و تیمار ۸ شامل جیره شاهد + ۱۲۴ میلی‌گرم در کیلوگرم کمپلکس روی- متیونین بودند. نتایج نشان داد، سطوح مختلف مکمل روی به شکل آلی یا به شکل هیدروکسی سبب بهبود معنی‌دار ضریب تبدیل خوراک، وزن پوسته، واحد هاو و کاهش گلوکز خون نسبت به سایر تیمارها شدند ($p < 0.05$). همچنین هر دو منبع آلی و هیدروکسی سبب افزایش آنتی‌بادی علیه واکسن آنفولانزا شدند ($p < 0.05$). تیمارهای حاوی مکمل روی سبب افزایش سوپراکسید دیسموتاز و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل گردیدند ($p < 0.05$). این افزایش با کاهش مالون دی‌آلدئید سرم همراه بود ($p < 0.05$). سطوح و منابع مختلف روی اثر معنی‌داری بر شاخص شکل تخم مرغ، شاخص رنگ زرده و سطح گلوکوتایون پراکسیداز نداشت ($p > 0.05$). در کل نتایج این تحقیق نشان داد افزودن مکمل هیدروکسی کلرید در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، می‌تواند سبب بهبود شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی و ایمنی در مرغ تخمگذار گردد.

واژه‌های کلیدی: ایمنی، سولفات روی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، مرغ تخم‌گذار، هیدروکسی کلرید روی

مقدمه

به همین دلیل در تغذیه دام و طیور حدود ۱ تا ۲ درصد مواد معدنی برای جیره در نظر گرفته می‌شود (۷). با توجه به عدم ذخیره عنصر روی در بافت‌های بدن، تأمین نیاز باید به شکل روزانه صورت پذیرد (۳۲). عنصر روی دارای سه نقش ساختاری، کاتالیزوری و تنظیم بیولوژیک در بدن است (۳۸). این عنصر در بیش از ۳۰۰ آنزیم نقش ایفا می‌کند که یکی از مهمترین آنها در ارتباط با سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (۲۲). اثر هم‌افزایی بین عنصر روی و ویتامین A در دفاع آنتی‌اکسیدانی به وضوح مشاهده شده است. این عنصر در فرایند سوخت و ساز ویتامین A که خود یک جزء ضروری در دفاع آنتی‌اکسیدانی در بدن است نقش ایفا می‌کند (۳۵). عنصر

علاوه بر کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی نیز در تغذیه حیوانات اهمیت قابل ملاحظه‌ای دارند، همچنین وجود عناصر معدنی به میزان مورد نیاز جهت رشد، نگهداری و تولید محصولات مختلف در دام و طیور ضروری است (۴۲). عناصر معدنی به شکل خاکستر حدود ۲ تا ۵ درصد وزن خشک موجودات زنده را تشکیل می‌دهند که حدود ۸۵ درصد آن به صورت ذخیره در اسکلت وجود دارند. همچنین نقش فیزیولوژیکی و اساسی عناصر معدنی بسیار گوناگون و مهم بوده و شناسایی نقش آن‌ها جهت پرورش دام و طیور و تنظیم برنامه‌های غذایی دارای اهمیت بسیار بالایی است.

Zn5 (OH8) با خلوص ۵۵ درصد محصول شرکت دانش بنیان ایمن نانو فام زنجان بود. تیمار ۸ شامل جیره شاهد + ۱۲۴ میلی گرم در کیلوگرم کمپلکس روی - متیونین با خلوص ۲۲ درصد بود. مرغ‌ها در محدوده وزنی 159.0 ± 25 g (۶ پرنده در هر قفس) منتقل شدند. تکرارها بصورت تصادفی در طبقات مختلف جانمایی گردید. به منظور سازگاری پرندگان به قفس‌ها و تخلیه ذخایر روی، یک دوره عادت پذیری دو هفته پیش از شروع دوره آزمایش اجرا گردید. در این دوره پرندگان با جیره پایه فاقد مکمل روی (شاهد) تغذیه شده‌اند. ترکیب جیره پایه بر اساس راهنمای سویه‌ی (W-۳۶) و برای سن ۴۰ تا ۵۰ هفتگی تنظیم گردید. تجزیه تقریبی آن مطابق جدول شماره ۱ بود. محدوده دمای سالن 2 ± 25 درجه سانتی‌گراد بود و برنامه نوردهی ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت خاموشی در طول شبانه روز بر اساس توصیه راهنمای پرورش تنظیم شد. خوراک مصرفی به صورت روزانه به ازای هر تکرار توزین و در اختیار مرغ‌ها قرار گرفت و در پایان هر دو هفته، پس از کسر باقیمانده خوراک جمع آوری شده شاخص‌های عملکردی مصرف خوراک و ضریب تبدیل با در نظر گرفتن درصد تلفات و تخم مرغ‌های معیوب محاسبه شد. برای اندازه‌گیری خصوصیات کیفی تخم مرغ در دو مقطع پایان ۴ و ۸ هفتگی آزمایش اصلی، ۳ تخم مرغ به ازای هر تکرار به صورت تصادفی انتخاب و بعد از توزین، شاخص‌های کمی و کیفی تخم مرغ شامل وزن پوسته، شاخص شکل، شاخص زرده و واحد هاو اندازه‌گیری شد. شاخص شکل $[100 \times (\text{طول} / \text{عرض})]$ تعیین شد. شاخص زرده از تقسیم ارتفاع زرده بر قطر زرده به دست آمد و واحد هاو پس از اندازه‌گیری ارتفاع سفیده، با استفاده از رابطه $Hu = 100 \times \log [-1.7 W^{0.37}]$ و $H + 7.57$ اندازه‌گیری شد (ارتفاع سفیده = H به میلی‌متر و وزن تخم مرغ = W به گرم) (۱۶). طبقه بندی رنگ زرده با مقایسه چشمی رنگ‌ها و تطابق آن با نمونه‌های استاندارد رنگ زرده بر اساس ورقه‌های بادبزی (رش) که شامل ۱۵ ورقه رنگی کنار هم بوده که دارای طیف رنگی از زرد کم رنگ با شماره ۱ تا نارنجی یا زرد پررنگ با شماره ۱۵ بود، انجام شد. در هفته ششم، واکسن از نوع تزریقی دوگانه کشته علیه نیوکاسل و آنفلوانزا (AI-OLVAC H9) به

روی با افزایش سرعت ترشح تیمولین باعث بلوغ سریع‌تر تیموس شده و سبب می‌گردد در واکنش به عوامل بیماری‌زا و تنش محیطی اقدام مناسب را برای سلول برنامه ریزی کند (۳۶). استفاده از روی به عنوان مکمل با منشاء آلی و غیر آلی در خوراک طیور مرسوم است. اشکال غیر آلی شامل، سولفات، اکسید، کلرید و منابع آلی این عنصر به شکل کیلات شده با لایزین، متیونین، تروئونین و سایر اسید آمینه‌ها در دسترس می‌باشد. بسیاری از پژوهشگران در گزارشات خود به زیست‌فراهمی بیشتر منبع آلی به دلیل عدم تداخل و عدم اثرات آنتاگونیستی در جذب با سایر مواد مغذی اشاره نموده‌اند (۲۴). عنصر روی به عنوان یک متالو آنزیم در بسیاری از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی حضور دارد به عنوان مثال سوپر اکسید دیسموتاز رادیکال آزاد سوپراکسید را به پراکسید هیدروژن کاتالیز می‌کند (۴۲). اثر آنتاگونیستی استفاده از منابع معدنی با فرم غیر آلی و همچنین قیمت بالای مواد معدنی به شکل آلی نیاز به پیدا کردن جایگزینی برای این دو شکل رایج را به وجود آورده است. با توجه به معرفی منبع غیر آلی نسبتاً جدید هیدروکسی کلرید و ساخت نمونه داخلی این شکل از عنصر سبب گردید این پژوهش برای مقایسه اثر آن در سطوح مختلف با سایر منابع مرسوم بر عملکرد ایمنی و آنتی‌اکسیدانی مرغ تخمگذار طراحی گردید.

مواد و روش

این آزمایش با ۲۴۰ قطعه مرغ تخم‌گذار های‌لاین سویه (W-۳۶) از ۴۰ تا ۵۰ هفتگی به مدت ۱۰ هفته در یک طرح کاملاً تصادفی با ۸ تیمار در ۵ تکرار و ۶ پرنده در هر واحد آزمایشی انجام شد. سطوح مکمل روی در هر گروه آزمایشی بر اساس میزان خلوص منبع با توجه به سطح توصیه راهنمای پرورش محاسبه گردید. سطح روی در جیره پایه ۳۰ میلی گرم در کیلوگرم بود. گروه‌های آزمایشی برای مقایسه منابع آلی (کیلات روی متیونین) و غیر آلی (سولفات، و نمک هیدروکسی) روی شامل، ۱- شاهد (بدون مکمل روی)، تیمارهای ۲، ۳ و ۴ به ترتیب شامل جیره شاهد + ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی با خلوص ۳۴ درصد، و تیمارهای ۵، ۶ و ۷ به ترتیب شامل - جیره شاهد + ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم هیدروکسی کلرید روی $Cl_2.H_2O$



($p < 0.05$). به طوری که بیشترین وزن پوسته مربوط به تیمار هیدروکسی با سطح ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم بود. منبع آلی و تیمارهای حاوی ۷۵ و ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم از لحاظ آماری تفاوت معنی داری را با تیمار شاهد نشان دادند ($p < 0.05$).

جدول شماره ۳ فراسنجه های کیفی مرغ تخمگذار را نشان می دهد. شاخص زرده، شاخص شکل و رنگ زرده تحت تاثیر تیمارها قرار نگرفت. در طول آزمایش واحد هاو به شکل معنی داری تحت تاثیر تیمارها قرار داشت ($p < 0.05$). در این آزمایش بیشترین مقدار واحد هاو مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم هیدروکسی کلرید روی بود. تفاوت این تیمار با گروه شاهد و تیمار ۱۶۰ میلی گرم در کیلوگرم سولفات روی معنی دار بود ($p < 0.05$). اما با سایر تیمارها تفاوت معنی داری نداشت.

جدول شماره ۴ نشان می دهد در رابطه با سطح گلوکز خون تفاوت معنی داری در سطوح و منابع مختلف مشاهده شد ($p < 0.05$). بیشترین مقدار گلوکز خون مربوط به سطح ۱۶۰ میلی گرم در کیلوگرم سولفات روی، کمترین مقدار مربوط به شکل هیدروکسی کلرید به میزان ۷۵ میلی گرم و شکل کیلات روی بود ($p < 0.05$). پاسخ آنتی بادی علیه آنفولانزا تحت تاثیر تیمارها قرار گرفت ($p < 0.05$), به طوری که بیشترین آنتی بادی مربوط به سطوح مختلف هیدروکسی کلرید روی و کیلات روی-متیونین است ($p < 0.05$). تفاوت این تیمارها با افزودن مکمل روی به شکل سولفات تفاوت معنی داری در پاسخ آنتی بادی با تیمار شاهد ایجاد نکرد. همانطور که در جدول شماره ۴ مشخص است مکمل کردن روی سبب افزایش مقدار سوپراکسید دیسموتاز گردید ($p < 0.05$). نوع منبع روی (آلی و غیرآلی) و سطوح مختلف آن تاثیر معنی داری بر مقدار این آنتی اکسیدان نداشت. در رابطه با سطح مالون دی آلدئید خون نتایج نشان دادند افزودن مکمل آلی روی سبب کاهش معنی دار سطح مالون دی آلدئید نسبت به تیمار شاهد گردید ($p < 0.05$). اما سطوح مختلف منبع سولفات اختلاف معنی داری با تیمار شاهد ایجاد نکردند. در رابطه با فعالیت گلوکوتائون پراکسیداز افزودن مکمل روی به جیره سبب افزایش عددی این آنتی اکسیدان گردید. این تفاوت از لحاظ آماری معنی دار نبود. مکمل کردن روی تاثیری معنی داری را بر شاخص

شکل زیر جلدی در ناحیه گردن تلقیح شد. در روز آخر دوره آزمایش، از هر تکرار ۳ قطعه مرغ به صورت تصادفی انتخاب و از سیاهرگ زیر بال خونگیری بعمل آمد. نمونه های سرم خون جمع آوری و تا زمان آزمایش های سرولوژیکی در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد نگهداری شده اند. اندازه گیری گلوکز به روش اسپکتوفتومتری با دستگاه (Shimadzu UV-1700) و با کیت شرکت پارس آزمون شماره سریال ۶۴۷۸۰۱۷۹ اندازه گیری گردید. اندازه گیری عیار پادتن علیه ویروس آنفولانزا، با مهار همآگلوتیناسیون برای هر نمونه به صورت لگاریتم پایه دوم آخرین رقت، انجام شد (۲۱). برای استحصال سرم، نمونه ها به مدت ده دقیقه با سرعت ۲۲۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. نمونه های سرم به دست آمده در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد ذخیره شدند. اساس روش اندازه گیری غلظت مالون دی آلدئید سرمی بر پایه واکنش با تیو بار بیلتوریک اسید، استخراج با بوتانل نرمال، سپس اندازه گیری جذب با روش اسپکتروفوتومتری و مقایسه جذب با منحنی استاندارد بود (۳۳). فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز با استفاده از کیت (RANSOD) و فعالیت آنزیم گلوکوتائون پراکسیداز در سرم خون با استفاد از کیت (RANSEL) محصول شرکت Randox labs انگلیس (۳۱) و ظرفیت آنتی اکسیدانی کل در سرم با استفاده از کیت (TAS:RANDOX) و دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه گیری شد (۱۳). داده های بدست آمده با استفاده از طرح کاملا تصادفی با رویه GLM و نرم افزار SAS 6.12 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. میانگین صفات آزمایشی با آزمون LSD در سطح معنی دار ۰/۰۵ مقایسه گردیدند (۳۷).

نتایج

همانطور که در جدول شماره ۲ مشخص است مصرف خوراک تحت تاثیر سطوح و منابع مختلف عنصر روی قرار نگرفت ($p > 0.05$). ضریب تبدیل خوراک تحت تاثیر تیمارها قرار داشت ($p < 0.05$). کمترین مقدار ضریب تبدیل مربوط به سطوح مختلف هیدروکسی و شکل آلی عنصر می باشد. این تفاوت با تیمار شاهد معنی دار بود ($p < 0.05$). در ادامه جدول ۲ وزن پوسته تخم مرغ در تیمار حاوی مکمل روی به شکل معنی داری افزایش یافت





آنتی‌اکسیدانی کل داشت ($p < 0.05$). شاخص آنتی اکسیدانی کل در تیمار آلی و سطوح ۵۰ و ۷۵ میلی گرم افزایش معنی‌داری داشت ($p < 0.05$). در کیلوگرم هیدروکسی کلرید نسبت به تیمار شاهد

جدول ۱- اجزا و ترکیبات جیره پایه

درصد	ماده خوراکی
۴۸/۳۳	ذرت
۲۱/۵۸	سویا
۱۱	گندم
۱۱/۱۶	کربنات کلسیم
۳/۴۷	روغن سویا
۱/۷۱	سپوس گندم
۱/۵۴	دی کلسیم فسفات
۰/۳۹	نمک
۰/۳	مکمل ویتامینی*
۰/۳	مکمل معدنی**
۰/۱۴	دی ال- متیونین
۰/۰۸	لازین
۱۰۰	کل
آنالیز محاسباتی جیره	
۲۸۱۰	انرژی قابل متابولیسم (کیلوکالری در کیلوگرم)
۱۵/۱۵	پروتئین خام (درصد)
۴/۶۵	کلسیم (درصد)
۰/۴	فسفر قابل دسترس (درصد)
۰/۱۸	سدیم (درصد)
۰/۳۸	متیونین (درصد)
۰/۶۵	متیونین+سیستئین (درصد)
۰/۸۱	لازین (درصد)
۰/۸۸	آرژنین (درصد)
۰/۶۰	ترئونین (درصد)

* ترکیب مکمل ویتامینه برای هر کیلوگرم جیره شامل: ۳۲۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین A، ۱۳۲۰۰۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین D₃، ۸۰۰ واحد بین‌المللی ویتامین E، ۹۸۲ میلی‌گرم B₁₂، ۵ میلی‌گرم ویتامین K، ۲۲۰۰ میلی‌گرم ریبوفلاوین، ۳۲۰۰ میلی‌گرم نیاسین، ۴۰۰ میلی‌گرم کولین کلراید، ۲۵۰ میلی‌گرم بیوتین، ۳ میلی‌گرم تیامین، ۴ میلی‌گرم پیریدوکسین. ** ترکیب مکمل معدنی برای هر کیلوگرم جیره پایه شامل: ۷۵ میلی‌گرم منگنز، ۷۵ میلی‌گرم آهن، ۵ میلی‌گرم مس، ۰/۸۰ میلی‌گرم ید، ۰/۳۰ میلی‌گرم سلنیوم. مکمل روی در شکل‌های مختلف معدنی (سولفات، هیدروکسی کلرید) و شکل آلی (کیلات روی متیونین) در سطوح مختلف با توجه به درصد خلوص هر منبع به گروه‌های آزمایشی اضافه گردید. تیمار ۱ شاهد (بدون مکمل روی)، تیمار ۲، ۳ و ۴ به ترتیب شامل جیره شاهد + ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم سولفات روی، و تیمار ۵، ۶ و ۷ به ترتیب شامل- جیره شاهد + ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم هیدروکسی کلرید روی، تیمار ۸ شامل جیره شاهد + ۱۲۴ میلی‌گرم در کیلوگرم کمپلکس روی- متیونین است.



جدول ۲- اثر منابع و سطوح مختلف عنصر روی بر عملکرد کمی مرغ تخمگذار

فراسنجه	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	تیمار ۵	تیمار ۶	تیمار ۷	تیمار ۸	SEM	p- Value
مصرف خوراک (گرم)	۱۳۱	۱۳۰	۱۳۱	۱۳۳	۱۲۹	۱۲۸	۱۲۵	۱۳۰	۱/۴۴	۰/۹۱۱
ضریب تبدیل	a ₂ /۳۳	ab ₂ /۲۰	a ₂ /۲۴	a ₂ /۲۳	b ₂ /۱۶	b ₂ /۱۳	b ₂ /۱۲	b ₂ /۱۵	۰/۰۷	۰/۰۰۰۱
وزن پوسته (گرم)	c ₄ /۴۵	bc ₅ /۳۱	ab ₅ /۴۵	ab ₅ /۴۳	bc ₅ /۳۴	ab ₅ /۵۹	a ₆ /۱۲	ab ₆ /۰۹	۰/۰۹	۰/۰۰۱

تیمار ۱ شاهد (بدون مکمل روی)، تیمار ۲، ۳ و ۴ به ترتیب شامل جیره شاهد + ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی گرم در کیلوگرم سولفات روی، و تیمار ۵، ۶ و ۷ به ترتیب شامل- جیره شاهد + ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم هیدروکسی کلرید روی، تیمار ۸ شامل جیره شاهد + ۱۲۴ میلی گرم در کیلوگرم کمپلکس روی- متیونین است. SEM: خطای استاندارد میانگین

حروف متفاوت در هر سطر، نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵ است.

جدول ۳- اثر منابع و سطوح مختلف عنصر روی بر عملکرد کیفی مرغ تخمگذار

فراسنجه	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	تیمار ۵	تیمار ۶	تیمار ۷	تیمار ۸	SEM	p- Value
شاخص زرد تخم مرغ	۰/۳۸۹	۰/۴۱۰	۰/۴۱۲	۰/۴۱۰	۰/۴۱۱	۰/۴۱۳	۰/۴۱۵	۰/۴۱۸	۰/۰۶	۰/۹۹۹۹
شاخص شکل تخم مرغ	۷۳/۸۰	۷۵/۳۲	۷۵/۷۶	۷۵/۸۱	۷۶/۰۹	۷۶/۱۷	۷۶/۳۲	۷۶/۵۲	۰/۸۱	۰/۷۸۰
واحد هاو	c ₇ ۷۲/۶۹	ab ₇ ۸۱/۷۰	ab ₇ ۷۹/۶۸	bc ₇ ۷۶/۷۲	ab ₈ ۰/۳۱	ab ₈ ۰/۵۰	a ₈ ۲/۲۴	a ₈ ۰/۶۵	۰/۹۳	۰/۰۲۲
شاخص رنگ زرد	۷/۲۶	۶/۸۴	۷/۳۶	۷/۵۸	۶/۷۹	۷/۱۲	۶/۹۵	۷/۴۵	۰/۰۸	۰/۲۳

تیمار ۱ شاهد (بدون مکمل روی)، تیمار ۲، ۳ و ۴ به ترتیب شامل جیره شاهد + ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی گرم در کیلوگرم سولفات روی، و تیمار ۵، ۶ و ۷ به ترتیب شامل- جیره شاهد + ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم هیدروکسی کلرید روی، تیمار ۸ شامل جیره شاهد + ۱۲۴ میلی گرم در کیلوگرم خطای استاندارد میانگین حروف متفاوت در هر سطر، نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵ است. SEM: کمپلکس روی- متیونین است.

جدول ۴- اثر منابع و سطوح مختلف عنصر روی بر عملکرد ایمنی و آنتی اکسیدانی سرم مرغ تخمگذار

فراسنجه	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	تیمار ۵	تیمار ۶	تیمار ۷	تیمار ۸	SEM	p-Value
گلوکز خون (ml/dl)	b ₂ ۶۸	bc ₂ ۴۳	b ₂ ۷۰	a ₂ ۹۲	bc ₂ ۳۷	c ₂ ۱۳	bc ₂ ۴۲	bc ₂ ۳۳	۲/۰۱	۰/۰۰۳
لگاریتم پایه دوم (آنتی بادی علیه آنفولانزا)	b ₄ /۳۲	b ₄ /۵۷	b ₄ /۱۳	ab ₄ /۹۱	a ₅ /۸۰	a ₅ /۶۴	a ₅ /۷۵	a ₅ /۹۲	۰/۱۸	۰/۰۰۰۱
سوپراکسید دیسموتاز (IU/ml)	b ₁ ۴۷	a ₁ ۷۳	a ₁ ۶۷	a ₁ ۹۶	a ₁ ۸۹	a ₁ ۹۸	a ₂ ۱۶	a ₂ ۰۲	۲/۰۱	۰/۰۰۰۱
غلظت مالون دی الدیئید (nM/ml)	a ₃ /۴۲	ab ₃ /۲۹	ab ₃ /۳۸	ab ₃ /۳۶	b ₃ /۱۵	b ₃ /۱۲	b ₃ /۱۰	b ₃ /۲۲	۰/۰۴۶	۰/۰۰۱
گلوکاتایون پراکسیداز (IU/ml)	۲/۴۸۷	۲/۹۲۴	۲/۵۵۹	۲/۴۱۲	۲/۸۴۰	۳/۲۴۷	۳/۱۴۷	۳/۰۸۱	۰/۰۴۴	۰/۱۲۵
ظرفیت تام آنتی اکسیدانی (IU/ml)	b ₆ /۹۴	ab ₇ /۲۸	ab ₇ /۱۹	b ₇ /۰۴	a ₈ /۱۳	a ₇ /۷۹	ab ₇ /۴۰	a ₈ /۶۹	۰/۰۹۵	۰/۰۰۰۴

تیمار ۱ شاهد (بدون مکمل روی)، تیمار ۲، ۳ و ۴ به ترتیب شامل جیره شاهد + ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی گرم در کیلوگرم سولفات روی، و تیمار ۵، ۶ و ۷ به ترتیب شامل- جیره شاهد + ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم هیدروکسی کلرید روی، تیمار ۸ شامل جیره شاهد + ۱۲۴ میلی گرم در کیلوگرم کمپلکس روی- متیونین است. SEM: خطای استاندارد میانگین

حروف متفاوت در هر سطر، نشان دهنده وجود تفاوت معنی دار در سطح ۰/۰۵ است.

بحث

مختلف روی تأثیری معنی داری بر میزان مصرف خوراک دارد (۵). در تقابل با این یافته‌ها در گزارشی با عنوان بررسی تأثیر مکمل‌های روی و منگنز آلی بر کیفیت پوسته تخم مرغ و ویژگی‌های استخوانی مرغ‌های تخم‌گذار در اواخر دوره تخم‌گذاری بیان شد، سطوح و منابع مختلف عنصر روی تأثیری بر ضریب تبدیل خوراک ندارد (۱۴). افزودن مکمل روی به جیره جوجه‌های گوشتی باعث

در خصوص مصرف خوراک یافته‌های این تحقیق بر خلاف پژوهشی است که بیان می‌دارد سطوح مختلف هیدروکسی کلرید روی بر میزان مصرف خوراک اثر مثبت دارد (۲۶). در تحقیق دیگری که اثر مخمر غنی شده با روی و گیاه جعفری در شرایط استرس گرمایی بر روی مرغ تخمگذار انجام گرفته است، نشان می‌دهد که سطوح





نظر می‌رسد نقش عنصر روی در بهبود واحد هاو با افزایش سن مرغ تخمگذار بیشتر می‌شود به طوری که این شاخص در هفته هشتم آزمایش به شکل معنی‌داری در تیمار های حاوی مکمل به شکل آلی و سطوح مختلف هیدروکسی نسبت به تیمار شاهد بهبود یافت.

در خصوص سطح گلوکز خون کمترین مقدار مربوط به تیمار ۷۵ میلی گرم در کیلوگرم هیدروکسی کلرید روی است و تیمار سولفات روی در سطح ۱۶۰ میلی گرم در کیلوگرم سبب افزایش مشهود میزان گلوکز خون گردید. نتایج نشان می‌دهد با افزایش میزان عنصر روی به خصوص به شکل سولفات شاهد افزایش گلوکز خون هستیم. از آنجا که مکانیزم جذب در مواد معدنی به شکل سولفات یکسان است (۴۳)، از طریق یک رقابت منفی با افزایش میزان سولفات روی در جیره شاهد کاهش جذب سایر منابع معدنی همچون مس هستیم. افزایش بیش از اندازه نسبت روی به مس در بدن دام خود یک عامل منفی است (۲۳). گزارش شده است عنصر مس و روی با نقش در هورمون پپتید پیوند دهنده (C-peptide) بر کاهش گلوکز خون موثر هستند (۳۹). نتایج درتوافق با گزارشی است که بیان داشت افزودن عناصر روی و کروم در تغذیه مرغ تخمگذار تحت تنش گرمایی سبب افزایش میزان ترشح انسولین و کاهش گلوکز خون پرنده گردید (۱۵). عنصر روی سبب افزایش ترشح انسولین از سلول های بتا پانکراس می‌گردد (۴۱). از آنجا که عنصر روی در اعمال سلولی همچون سنتز DNA و RNA دخالت دارد (۶) سبب افزایش عملکرد سلول های پانکراس و ترشح انسولین و کاهش گلوکز خون می‌گردد. از آنجا که گلوکز خون یک عامل تنش در موجودات زنده است به نظر می‌رسد عنصر روی از طریق افزایش ترشح انسولین و کاهش گلوکز خون می‌تواند سبب کاهش تنش‌های اکسیداتیو در طیور گردد.

در رابطه با پاسخ آنتی بادی علیه واکسن آنفولانزا نتایج در توافق با گزارشی است که بیان داشت استفاده از مکمل روی سبب بهبود پاسخ آنتی بادی جوجه گوشتی می‌گردد (۱۱). روی یک کوفاکتور ضروری برای فعالیت تیمولین است. این هورمون تنظیم کننده بلوغ تیموس است. بنابراین بهبود پاسخ ایمنی ناشی از افزایش بالغ شدن لنفوسیت‌های T و فعال شدن لنفوسیت‌ها B

بهبود ضریب تبدیل غذایی می‌شود (۲۹). نتایج نشان دادند سطوح مختلف هیدروکسی و شکل آلی عنصر روی سبب بهبود ضریب تبدیل خوراک شده اند. این کاهش در تیمار شاهد و سطوح ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی گرم در کیلوگرم عنصر روی کاملا مشهود بود. نقش روی در ساختمان آنزیم‌های مهمی برای قطع پپتید همچون دی پپتیدیل پپتیداز ۳ مشهود است. این آنزیم پیوندهای آمیدی را هیدرولیز می‌کند تا قطعات دی پپتید را از لیگو پپتیدهای جدا کند (۴۴). به نظر می‌رسد وجود مکمل روی در تیمارها با تاثیر بر افزایش تولید آنزیم های هضمی و بهبود هضم و جذب پروتئین دلیلی بر بهبود ضریب تبدیل خوراک است. در مورد وزن پوسته باید گفت استفاده از مکمل روی سبب افزایش وزن پوسته تخم مرغ گردید. وزن پوسته در تیمار شاهد به طور قابل توجهی کمتر از سایر گروه ها بود. همچنین بیشترین وزن پوسته مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم هیدروکسی کلرید روی بود. آنزیم کربنیک آنهیدراز مسئول شکستن اسید کربنیک به دی اکسید کربن و آب بوده و مشخص است که این آنزیم یک متالوآنزیم و حاوی ۰/۳ درصد روی است (۲۰). کمبود این آنزیم باعث کاهش ترشح یون های بی کربنات و در نتیجه کاهش شدید وزن پوسته تخم مرغ گردید (۲۸). از اینرو افزودن مکمل روی توانست بر درصد وزن پوسته موثر باشد.

در رابطه با شاخص زرده، شاخص شکل و رنگ زرده تفاوتی بین گروه های آزمایشی مشاهده نشد. نتایج در توافق با پژوهشی است که بیان می‌دارد استفاده از مکمل آلی و غیر آلی روی بر فراسنجه های عملکردی مرغ تخمگذار تاثیر معنی‌دار ندارد (۱). کمترین مقدار واحد هاو مربوط به تیمار شاهد بود. مکمل کردن رو سبب افزایش معنی دار واحد هاو گردید بطوری در تیمار آلی به بالاترین مقدار عددی رسید. بهبود واحد هاو می‌تواند ناشی از رسوب آلبومین در ناحیه مگنوم دستگاه تناسلی مرغ تخمگذار باشد (۳). یافته‌ها در توافق با گزارشی است که بیان کرد اضافه کردن مکمل نانو ذرات روی بر افزایش واحد هاو در مرغ تخمگذار موثر است (۱۰). واحد هاو به عنوان یکی از شاخص های کیفیت سنجی تخم مرغ مطرح است بطوری که با سایر شاخص های کیفی همچون مقاومت در برابر شکستگی همبستگی قوی دارد (۱۲). به

بر شاخص آنتی‌اکسیدانی کل در مرغ تخمگذار تاثیر معنی‌داری دارد (۴۵). با افزایش سن مرغ فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تخمدان‌ها کاهش یافته که خود یکی از عوامل کاهش تولید تخم مرغ است (۱۹).

به طور کلی با مصرف مکمل روی شاهد افزایش آنتی‌بادی علیه واکسن آنفولانزا و کاهش گلوکز خون هستیم. افزایش گلوکز خود یک عامل متابولیکی بروز تنش محسوب می‌گردد. همچنین مکمل کردن روی در جیره مرغ تخمگذار سبب افزایش میزان شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی مورد بررسی و کاهش میزان مالون دی‌آلدئید سرم خون شد. با توجه به نتایج به دست آمده این پژوهش توصیه می‌گردد برای بهبود شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی و ایمنی از مکمل هیدروکسی کلرید روی در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به عنوان جایگزین سایر اشکال استفاده گردد. همچنین پیشنهاد می‌گردد از آنجا که سطوح مکمل عناصر روی، مس و منگنز بر یکدیگر دارای اثر هستند، تحقیقی در راستای سطح بهینه این عناصر مقاومت و ضخامت پوسته و همچنین امکان غنی‌سازی تخم مرغ از طریق افزودن مکمل روی در مرغ تخمگذار صورت پذیرد.

منابع

1. Abd El-Hack M, Alagawany M, Amer S, Arif M, Wahdan KM, El-Kholy M. Effect of dietary supplementation of organic zinc on laying performance, egg quality and some biochemical parameters of laying hens. *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 2018;102(2):e542-e9.
2. Abedini M, Shariatmadari F, Torshizi MAK, Ahmadi H. Effects of Zinc Oxide Nanoparticles on Performance, Egg Quality, Tissue Zinc Content, Bone Parameters, and Antioxidative Status in Laying Hens. *Biol Trace Elem Res*. 2018;184(1):259-67.
3. Bahakaim A, Abdel Magied H, Osman S, Omar A, Abdelmalak N, Ramadan N. Effect of using different levels and sources of zinc in layer's diets on egg zinc enrichment. *Egyptian Poultry Science Journal*. 2014;34(1):39-56.
4. Chen W, Wang S, Zhang HX, Ruan D, Xia WG, Cui YY, et al. Optimization of dietary

می‌باشد. این فعال‌سازی به وسیله سلول‌های Helper انجام می‌گردد (۹). در توافق با مشاهدات این آزمایش گزارش شده، اضافه کردن مکمل روی به جیره مرغ تخمگذار سبب افزایش معنی‌دار مقدار سوپراکسید دیسموتاز نسبت به تیمار شاهد گردید (۳۴). تنش اکسیداتیو زمانی اتفاق می‌افتد که رادیکال‌های آزاد در سلول‌ها تولید می‌شوند و بدن با خنثی‌سازی آن‌ها توسط آنتی‌اکسیدان‌ها، با اثرات مضر آنها مقابله می‌کند (۸). حدود ۹۰ درصد ساختار سوپراکسید دیسموتاز از عناصر روی و مس تشکیل شده است (۲۷). در گزارشی بیان شده است، عنصر روی با افزایش میزان بیان سوپراکسید دیسموتاز سبب بهبود پاسخ آنتی‌بادی می‌گردد (۳۰). افزایش سطح مالون دی‌آلدئید یک شاخص اساسی برای سنجش آسیب اکسیداتیو ناشی از گونه‌های فعال اکسیژن در سلول‌ها و پراکسیداسیون لیپیدی است (۲۵). نتایج این پژوهش در راستای گزارشی است که بیان داشت اضافه کردن مکمل روی سبب کاهش میزان مالون دی‌آلدئید نسبت به تیمار شاهد می‌گردد (۲). مکمل کردن عنصر روی سبب افزایش تشکیل متالوتیونین و حذف رادیکال‌های آزاد ناشی از پراکسیداسیون لیپیدی در بدن می‌شود (۴). در نتیجه سبب کاهش میزان مالون دی‌آلدئید در تیمارهای حاوی مکمل روی می‌گردد. در رابطه با گلوکاتیون پراکسیداز نتایج مشابهی بیان داشت، افزودن مکمل روی علی‌رغم آنکه سبب افزایش میزان گلوکاتیون پراکسیداز محتویات تخم مرغ می‌گردد اما بر سطح سرمی آن در خون تاثیر معنی‌داری ندارد (۱۷). برخلاف نتایج حاضر، پژوهشی نشان داده است که افزودن سطوح بیش از ۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم مکمل روی در جیره مرغ تخمگذار سبب افزایش معنی‌دار سطح گلوکاتیون پراکسیداز سرمی می‌گردد (۱۸). به نظر می‌رسد از آنجا که سوپراکسید دیسموتاز به عنوان اولین سد دفاعی در برابر رادیکال‌های آزاد مطرح است (۴۰) به همین دلیل تاثیر پذیری بیشتری نسبت به گلوکاتیون پراکسیداز از خود نشان می‌دهد. ظرفیت کل آنتی‌اکسیدانی به عنوان یک شاخص منعکس‌کننده وضعیت همه آنتی‌اکسیدان‌ها در سرم و مایعات بدن مطرح می‌باشد (۴۶). در نتیجه ای مشابه بیان شد مکمل کردن عنصر روی در مرغ تخمگذار

- bone characteristic of laying hens during late laying cycle. *Agriculture and Natural Resources*. 2023;57(1):145-52-52.
15. Karami M, Torki M, Mohammadi H. Effects of dietary supplemental chromium methionine, zinc oxide, and ascorbic acid on performance, egg quality traits, and blood parameters of laying hens subjected to heat stress. *Journal of applied animal research*. 2018;46(1):1174-84.
 16. Keshavarz K. A comparison between cholecalciferol and 25-OH-cholecalciferol on performance and eggshell quality of hens fed different levels of calcium and phosphorus. *Poultry science*. 2003; 82(9):1415-22.
 17. Li L, Abouelezz KFM, Gou Z, Lin X, Wang Y, Fan Q, et al. Optimization of Dietary Zinc Requirement for Broiler Breeder Hens of Chinese Yellow-Feathered Chicken. *Animals (Basel)*. 2019; 9(7).
 18. Li LL, Gong YJ, Zhan HQ, Zheng YX, Zou XT. Effects of dietary Zn-methionine supplementation on the laying performance, egg quality, antioxidant capacity, and serum parameters of laying hens. *Poultry Science*. 2019;98(2):923-31.
 19. Liu X, Lin X, Mi Y, Li J, Zhang C. Grape Seed Proanthocyanidin Extract Prevents Ovarian Aging by Inhibiting Oxidative Stress in the Hens. *Oxid Med Cell Longev*. 2018;2018:9390810.
 20. Mabe I, Rapp C, Bain M, Nys Y. Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. *Poultry science*. 2003;82(12):1903-13.
 21. Marquardt WW, Snyder DB, Savage PK, Kadavil SK, Yancey FS. Antibody response to Newcastle disease virus given by two different routes as measured by ELISA and hemagglutination-inhibition test and associated tracheal immunity. *Avian Dis*. 1985;29(1):71-9.
 22. Martin KM. The effects of zinc supplementation from two sources on egg quality and bone health in laying hens. 2016.
 23. mikaeili e, kafilzade f, chaharaeen B, Khamisabadi H, kiani a. Effect of Vitamin E alone or with Selenium injection during late pregnancy on Colostrum and Serum Se, zinc for egg production and antioxidant capacity in Chinese egg-laying ducks fed a diet based on corn-wheat bran and soybean meal. *Poult Sci*. 2017;96(7):2336-43.
 5. Cornescu GM, Panaite TD, Untea AE, Varzaru I, Saracila M, Dumitru M, et al. Mitigation of heat stress effects on laying hens' performances, egg quality, and some blood parameters by adding dietary zinc-enriched yeasts, parsley, and their combination. *Frontiers in Veterinary Science*. 2023;10:1202058.
 6. Cunningham-Rundles S, Cunningham-Rundles W, Chandra R. *Nutrition and Immunology*. RK Chandra, Ed. 1988;197.
 7. Davis G. Copper, in *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*, W. Mertz, ed. Academic Press, San Diego, CA; 1987.
 8. Finkel T, Holbrook NJ. Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Nature*. 2000;408(6809):239-47.
 9. Fraker PJ, Haas SM, Luecke RW. Effect of zinc deficiency on the immune response of the young adult A/J mouse. *The Journal of nutrition*. 1977;107(10):1889-95.
 10. Hassan S, Sharif M, Mirza MA, Rehman MSu. Effect of Dietary Supplementation of Zinc Nanoparticles Prepared by Different Green Methods on Egg Production, Egg Quality, Bone Mineralization, and Antioxidant Capacity in Caged Layers. *Biological Trace Element Research*. 2023:1-11.
 11. Hudson B, Dozier III W, Fairchild B, Wilson J, Sander J, Ward T. Live performance and immune responses of straight-run broilers: influences of zinc source in broiler breeder hen and progeny diets and ambient temperature during the broiler production period. *Journal of applied poultry research*. 2004;13(2):291-301.
 12. International H-L. *Hy-Line W36 commercial management guide*. Hy-Line International West Des Moines, IA; 2007.
 13. Jensen C, Engberg R, Jakobsen K, Skibsted L, Bertelsen G. Influence of the oxidative quality of dietary oil on broiler meat storage stability. *Meat Science*. 1997;47(3-4):211-22.
 14. Junchang C, Ruangpanit Y. Effects of organic zinc and manganese supplementation on eggshell quality and



- in Medicine and Biology. 2010;24(2):89-94.
33. Placer ZA, Cushman LL, Johnson BC. Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems. Analytical biochemistry. 1966; 16(2):359-64.
34. Qi X, Ma S, Liu X, Wang Y, Liu Y, Gao Y, et al. Effects of the methionine hydroxyl analogue chelate zinc on antioxidant capacity and liver metabolism using 1H-NMR-based metabolomics in aged laying hens. Animals. 2019;9(11):898.
35. Rahman MM, Wahed MA, Fuchs GJ, Baqui AH, Alvarez JO. Synergistic effect of zinc and vitamin A on the biochemical indexes of vitamin A nutrition in children. The American journal of clinical nutrition. 2002;75(1):92-8.
36. Sajadifar S, Miranzadeh H, Moazeni M. Effect of zinc on humoral and cell-mediated immunity of broilers vaccinated against coccidiosis. Iranian Journal of Parasitology. 2013;8(3):474.
37. SAS Institute (2003) SAS/STAT® User's Guide: Statistics Version 6.12. SAS Institute Inc., Cary, NC.
38. Stefanidou M, Maravelias C, Dona A, Spiliopoulou C. Zinc: a multipurpose trace element. Archives of toxicology. 2006;80:1-9.
39. Stevenson MJ, Janisse SE, Tao L, Neil RL, Pham QD, Britt RD, et al. Elucidation of a Copper Binding Site in Proinsulin C-peptide and Its Implications for Metal-Modulated Activity. Inorganic Chemistry. 2020;59(13):9339-49.
40. Surai PF. Antioxidant systems in poultry biology: superoxide dismutase. Journal of Animal Research and Nutrition. 2016; 1(1):8.
41. Tobia MH, Zdanowicz MM, Wingertzahn MA, McHeffey-Atkinson B, Slonim AE, Wapnir RA. The role of dietary zinc in modifying the onset and severity of spontaneous diabetes in the BB Wistar rat. Molecular Genetics and Metabolism. 1998;63(3):205-13.
42. Underwood E, Suttle N. The mineral nutrition of livestock 3rd edition. CABI; 1999.
- Cu, Zn and Fe concentrations of ewes and their lambs. Iranian Journal of Veterinary Clinical Sciences. 2019;12(2):-.
24. Neto MT, Dadalt J, Tse M. Dietary combination of chelated zinc and threonine and effects on egg production, egg quality and nutrient balance of Brown laying hens from 20 to 49 weeks of age. Animal Feed Science and Technology. 2020; 267:114555.
25. Nielsen F, Mikkelsen BB, Nielsen JB, Andersen HR, Grandjean P. Plasma malondialdehyde as biomarker for oxidative stress: reference interval and effects of life-style factors. Clinical chemistry. 1997;43(7):1209-14.
26. Nonkookhetkhong T, Chalalai T. Effect of zinc hydroxychloride supplementation combined with an anticoccidial drug on Eimeria tenella infection in broiler chickens. Veterinary World. 2023; 16(4):675.
27. Noor R, Mittal S, Iqbal J. Superoxide dismutase--applications and relevance to human diseases. Med Sci Monit. 2002;8(9):Ra210-5.
28. Nys Y, Gautron J, McKee M, Garcia-Ruiz J, Hincke M. Biochemical and functional characterisation of eggshell matrix proteins in hens. World's Poultry Science Journal. 2001;57(4):401-13.
29. Ogbuewu I, Modisaojang-Mojanaga M, Mokolopi B, Mbajiorgu C. A meta-analysis of responses of broiler chickens to dietary zinc supplementation: feed intake, feed conversion ratio and average daily gain. Biological Trace Element Research. 2023;201(5):2491-502.
30. Orr WC, Sohal RS. Extension of life-span by overexpression of superoxide dismutase and catalase in Drosophila melanogaster. Science. 1994;263(5150):1128-30.
31. Öyanagui Y. Reevaluation of assay methods and establishment of kit for superoxide dismutase activity. Analytical biochemistry. 1984;142(2):290-6.
32. Pal D, Gowda N, Prasad C, Amarnath R, Bharadwaj U, Babu GS, et al. Effect of copper-and zinc-methionine supplementation on bioavailability, mineral status and tissue concentrations of copper and zinc in ewes. Journal of Trace Elements





- compound trace elements improve the eggshell quality, antioxidant capacity, immune function, and mineral deposition of aged laying hens. *Animal*. 2021;15(12):100401.
46. Zhao CY, Tan SX, Xiao XY, Qiu XS, Pan JQ, Tang ZX. Effects of dietary zinc oxide nanoparticles on growth performance and antioxidative status in broilers. *Biol Trace Elem Res*. 2014;160(3):361-7.
43. Vieira SL. Chelated minerals for poultry. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 2008;10:73-9.
44. Younas Z, Mashwani ZUR, Ahmad I, Khan M, Zaman S, Sawati L, et al. Mechanistic Approaches to the Application of Nano-Zinc in the Poultry and Biomedical Industries: A Comprehensive Review of Future Perspectives and Challenges. *Molecules*. 2023;28(3):1064.
45. Zhang K, Han M, Dong Y, Miao Z, Zhang J, Song X, et al. Low levels of organic





The effect of zinc sources and levels on the immune system and antioxidant capacity in laying hens

Ali Afshar bakeshlo¹; Behnam Ahmadipour^{1*}; Fariborz Khajali¹;
Nasrollah Pirany¹

1. Department of Animal Sciences, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord- Iran.

Accepted: 14 November 2023

Received: 26 October 2023

Summary

This experiment was conducted to investigate the effect of zinc sources and levels on immune and antioxidant function in laying hens from 40 to 50 weeks of age. The number of 240 Hy-Line laying hens (w -36) was used in a completely randomized design, with 8 treatments in 5 replications and 6 birds in each experimental unit. The eight experimental groups include 1- control (without zinc supplement), treatments 2, 3, and 4, respectively, including the control diet+80, 120 and 160 mg/kg of zinc sulfate with a purity of 34%, and treatments 5, 6 and 7, respectively, included the control diet+50, 75 and 100 mg/kg zinc hydroxy chloride with 55% purity, and treatment 8 included the control diet+124 mg/kg zinc-methionine complex. The results showed that different levels of zinc supplementation in organic or hydroxy form caused significant improvement in feed conversion ratio, shell weight, Haugh unit, and blood glucose reduction compared to other treatments ($p<0.05$). Also, organic and hydroxy sources increased antibodies against influenza vaccine ($p<0.05$). Treatments containing zinc supplements increased superoxide dismutase and total antioxidant capacity ($p<0.05$). This increase was associated with a decrease in serum malondialdehyde ($p<0.05$). Different levels and sources of zinc had no significant effect on egg shape index, yolk color index, and glutathione peroxidase level ($p>0.05$). Overall, the results of this research showed that the addition of hydroxy chloride supplement at the level of 100 mg/kg can improve antioxidant and immune indices in laying hens while reducing blood glucose.

Keywords: antioxidant capacity, Immunity, laying hens, zinc hydroxy chloride, zinc sulfate

*Corresponding author: behnam.ahmadipour@gmail.com

